

CONTART 2016. La Convención de la Edificación  
20 - 22 de abril de 2016; Granada (Spain): Colegio Oficial de Aparejadores y  
Arquitectos Técnicos de Granada. Consejo General de la Arquitectura Técnica  
de España, p.69-78

## EVALUACIÓN SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES UTILIDAD DE LOS METODOS APROXIMADOS EN PRIMERA EVALUACIÓN

GARCÍA ARRIBAS, RICARDO

*Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Málaga*  
*Vocal de la Junta de Gobierno de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica*  
*e-mail: rga@e2arquitectos.com – gaar0420@coaat.es*

**Palabras clave:** evaluación; existente; sismorresistente; vulnerabilidad; prevención.

### RESUMEN:

El pasado terremoto de Lorca ha evidenciado, de forma dramática, la certeza de nuestras consideraciones sobre el grave riesgo sísmico que, cual terrible espada de Damocles, se cierne sobre ciertas zonas del territorio español. De ese grave riesgo, ya advertimos personal e institucionalmente al Presidente de la Junta de Andalucía en Octubre de 2005 y lo hicimos también, detalladamente, al Gobierno de España en mayo de 2010. El informe redactado después del citado terremoto por diferentes instituciones públicas y privadas, y más recientemente la publicación editada por el Consorcio de Compensación de Seguros para su divulgación, han confirmado también nuestras fundamentadas opiniones sobre el grave incumplimiento de la vigente normativa sismorresistente.

Consideramos que ese incumplimiento normativo se debe, fundamentalmente, al grave desconocimiento entre los profesionales que diseñan y dirigen las obras de edificación, del fenómeno sísmico y de sus consecuencias sobre la respuesta de los edificios a las fuerzas horizontales inducidas por los terremotos.

La Arquitectura Técnica, tiene la posibilidad de alcanzar un importante protagonismo en la urgente y necesaria tarea de prevención del Riesgo Sísmico. La confirmación por los Tribunales Superiores de Justicia de nuestra total competencia en la redacción de las ITE, nos autoriza a poder incluir en las mismas una evaluación sencilla pero utili-

sima –utilizada ya en los Estados Unidos desde 1988– de la vulnerabilidad sísmica de los edificios inspeccionados.

Este nuevo conocimiento y tarea podría ser objeto de acuerdos y convenios con los Ayuntamientos y Diputaciones provinciales, para conocer de forma aproximada y sin costosos estudios analíticos, la vulnerabilidad sísmica de su parque inmobiliario. Para la Arquitectura Técnica podría suponer el inicio de un mayor conocimiento y especialización en la ingeniería sísmica, conocimiento que otras profesiones han desdeñado hasta ahora.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace ya muchos años y en diferentes foros y ocasiones, venimos alertando sobre el grave incumplimiento –prácticamente generalizado y constatado por el autor en su ya dilatada experiencia profesional– de las reglas de diseño y prescripciones constructivas recogidas en el Capítulo IV de la vigente Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 [1]. Como consecuencia cierta de ese incumplimiento, el terremoto de Lorca ha testimoniado la inesperada fragilidad de su urbanismo y la peligrosa y manifiesta vulnerabilidad de sus edificaciones, incluso, de las más recientes. Lamentablemente, quedó testimoniado también el escaso conocimiento en ingeniería sísmica de los profesionales y voluntarios que, con voluntad y sacrificio personal merecedores del mayor encomio, acudieron de inmediato para colaborar con las autoridades y la Protección Civil en las tareas de ayuda, reconocimiento y refuerzo de las edificaciones e infraestructuras dañadas.

En muchas zonas de nuestra geografía y como ya ha ocurrido para su desgracia en diferentes ocasiones en el pasado, podría producirse un terremoto de magnitud suficiente para provocar una catástrofe sísmica de consecuencias humanas, medioambientales y económicas difícilmente predecibles. Por otro lado, el Instituto Geográfico Nacional, que es la institución gubernativa que preside la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, ha publicado en el año 2013 una Actualización de los Mapas de Peligrosidad Sísmica de España [2], que incrementa muy notablemente las aceleraciones del suelo a considerar en los proyectos, en relación con las aceleraciones previstas en la vigente Norma Sismorresistente NCSE-02 –en revisión en la actualidad– para una gran parte del territorio nacional.

El muy importante incremento de la peligrosidad sísmica considerado por los nuevos mapas, que se recogerá sin duda en la revisión de la Norma Sismorresistente, y la constatación por otro lado de la grave y generalizada vulnerabilidad sísmica de nuestras edificaciones, incluso de las actuales, justifican sobradamente el objetivo socialmente necesario, profesionalmente encomiable e intelectual y científicamente del mayor prestigio, de profundizar en el conocimiento del fenómeno sísmico y del comportamiento dinámico de nuestras edificaciones y estructuras cuando son sometidas a las fuerzas horizontales provocadas por los terremotos.

Las últimas sentencias dictadas por los Tribunales Superiores de Justicia reconociéndonos la facultad de intervenir en la Inspección Técnica de los Edificios con preeminencia sobre otras ingenierías, también debiera constituir un importante estímulo para esforzarnos en alcanzar ese digno objetivo, así como el de poder contribuir de forma eficaz y en la medida de nuestras posibilidades, a minimizar las dramáticas consecuencias que, dado lo ocurrido en Lorca, podría tener un terremoto en cualquiera de nuestras zonas sismogénicas.

Un camino sencillo y de gran utilidad para iniciarse en esa andadura, podría comenzar con el aprendizaje de los métodos aproximados para una primera evaluación sismorresistente de los edificios existentes, que tan profusamente se vienen utilizando en países como los Estados Unidos y que facilitan el inicio en el conocimiento de aquellos factores que afectan más gravemente a la vulnerabilidad sísmica de los edificios, permitiendo dictaminar “a priori”, de forma aproximada pero suficiente, si el edificio en examen será o no capaz de soportar con un daño aceptable, las fuerzas horizontales inducidas por el terremoto.

En el diseño de las estructuras, los métodos aproximados son altamente recomendables en la elección de la solución estructural y en la evaluación de las dimensiones de los principales elementos estructurales, también, en la comprobación de los principales resultados. Sólo para la obtención detallada de las fatigas y desplazamientos se considera necesario el análisis computacional, rodeado, no obstante, de las incertidumbres derivadas de la complejidad del fenómeno sísmico y de la respuesta de las estructuras a las vibraciones del suelo.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 ANTECEDENTES

Desde su publicación en 1988 como una guía de referencia, titulada en inglés: “FEMA 154 Report, *Rapid Visual Screening of buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*” [3], esta guía de referencia ha sido utilizada por ingenieros, oficinas de ingeniería y departamentos gubernamentales a lo largo y ancho de todo el territorio estadounidense, permitiendo clasificar los más de 70.000 edificios analizados durante la década siguiente a la publicación de su primera edición, en dos categorías bien diferenciadas: aquéllos que sufrirían daños aceptables y que no pondrían en grave riesgo la vida de sus habitantes o su funcionalidad, y la de aquéllos otros que podrían sufrir daños sísmicos muy graves y que, por lo tanto, deberían ser analizados con mucho mayor detalle por profesionales especializados y con experiencia en el diseño sísmico.

La información recogida en esa década posterior a su publicación, como ha sido, por ejemplo la aplicación del *handbook* original, la verificación del comportamiento específico de los edificios en los terremotos ocurridos en ese período de tiempo o los parámetros geofísicos derivados de las grandes sacudidas en esos mismos terremotos, han permitido poner al día la guía FEMA 154 en su segunda edición en el año 2002. Esta segunda edición ha sido acortada y focalizada a facilitar su implantación entre los profesionales y oficinas gubernamentales y entre otros aspectos se ha mejorado en:

- Mejores y más extensas instrucciones para identificar el sistema estructural destinado a soportar las fuerzas laterales inducidas por el sismo en el reconocimiento de campo.
- Puesta al día de la puntuación sísmica básica y de los parámetros modificadores de esa puntuación, deducidos en cálculos analíticos y de las curvas de fragilidad desarrolladas en HAZUS [4] para los modelos de edificios considerados en la metodología de FEMA 154.

## 2.2 DESARROLLO

El procedimiento descrito en la metodología que estamos considerando podría ser implementado con relativa rapidez y reducido costo, para elaborar una lista de edificios muy vulnerables sísmicamente y potencialmente peligrosos, en todos aquellos municipios de la geografía nacional cuya peligrosidad sísmica lo aconsejara. Este procedimiento, repetimos que aproximado pero suficiente, evitaría el alto coste de detallados análisis sísmicos individuales para cada edificio que, no obstante, podrían realizarse si la importancia del edificio o la baja puntuación alcanzada así lo exigieran.

El procedimiento RVS (*Rapid Visual Screening*) propuesto en FEMA 154, ha sido diseñado para su implantación sin necesidad de realizar cálculos estructurales, utilizando un sistema de puntuaciones que requiere, sobre todo:

- La identificación del sistema estructural resistente diseñado para soportar las cargas laterales.
- La identificación de aquellas características del edificio que modifican el comportamiento esperado de su sistema resistente al ser sometido a las fuerzas laterales del sismo.

Esta revisión sobre la capacidad sismorresistente del edificio, por su reducido costo y tiempo de realización, podría ser incorporada a la documentación de los expedientes de Inspección Técnica de los Edificios. Podría servir de base, también, a convenios o acuerdos provinciales o municipales entre los Colegios de la Arquitectura Técnica y los Ayuntamientos o Diputaciones de cada provincia.

El formulario del análisis sismorresistente de cada edificio comprende las siguientes etapas claramente diferenciadas:

1. Verificación y puesta al día de la información existente sobre la identificación del edificio.
2. Identificación desde la calle de la clase y forma del edificio, croquizando a ser posible el esquema de la planta y vista en alzado del mismo.
3. Adjuntar una o dos fotografías con las características más importantes del edificio.
4. Determinar y documentar su nivel de ocupación.
5. Identificar el tipo de suelo, si no se consiguió en la investigación previa a la visita de campo.
6. Evaluar la posibilidad de fallo no estructural, indicando su existencia en el formulario.
7. Identificar el sistema resistente a las fuerzas laterales, incluso accediendo al edificio si fuera posible, y resaltar la puntuación estructural básica en el formulario.
8. Identificar los atributos del edificio y sus posibles deficiencias de diseño sísmico y relacionarlas con los modificadores de la puntuación estructural básica.
9. Determinar la **puntuación final S** en función de la puntuación estructural básica y de los modificadores de la misma, y decidir si una nueva y más detallada evaluación sísmica se considera necesaria.

El proceso creemos que queda suficientemente explicitado en su definición. No obstante, parece conveniente insistir y aclarar las etapas siguientes, de mayor trascendencia:

5.- En relación con la etapa 5, conviene resaltar la importancia que tiene el tipo de suelo sobre el que apoya la cimentación en la respuesta del edificio ante las vibraciones inducidas por el sismo. La identificación del suelo es fundamental y debiera ser documentada. En el caso de que no existiera una base suficientemente sólida para la identificación del suelo, debiera asumirse un suelo tipo E de FEMA 154, que correspondería a un suelo entre los tipos III y IV de la clasificación de la NCSE-02, con un coeficiente  $C=1,8$ .

6.- El fallo no estructural contemplado en la etapa 6 puede representar un grave riesgo como han demostrado las caídas de los antepechos de las azoteas en el terremoto de Lorca, causantes de la mayor parte de las víctimas mortales. Por otro lado, la reparación de los daños no estructurales ha demostrado requerir la mayor inversión en indemnizaciones a los damnificados, ya que su costo supera con creces al de la reparación de las estructuras. Los elementos constructivos más vulnerables y de mayor riesgo serían las chimeneas de fábrica de ladrillo no reforzada, los antepechos de las terrazas y azoteas y, finalmente, las grandes superficies acristaladas y no suficientemente ancladas a los elementos estructurales.

7.- El procedimiento RVS de FEMA 154 está basado en la premisa de que el técnico inspector será capaz de determinar el sistema resistente a fuerzas laterales del edificio, desde la calle o en una visita rápida con este fin, al interior del edificio. En base al parque inmobiliario de los Estados Unidos se han clasificado quince diferentes tipos de edificios que enumeramos aquí someramente y que se describen en detalle en la bibliografía:

$W_1$ y $W_2$	Estructuras de madera: $\leq 500 \text{ m}^2$ / $\geq 500 \text{ m}^2$
$S_1$ - $S_2$ - $S_3$ - $S_4$ y $S_5$	Estructuras metálicas
$C_1$ - $C_2$ y $C_3$	Estructuras de hormigón armado: pórticos/pantallas/pórticos rellenos
$PC_1$ y $PC_2$	Estructuras pretensadas de hormigón
$RM_1$ y $RM_2$	Edificios de mampostería reforzada con forjados flexibles/rígidos
URM	Edificios de mampostería normal no reforzada

A cada uno de estos quince tipos de edificios le ha sido asignada una puntuación estructural básica que conceptualmente refleja la probabilidad de que el edificio pueda colapsar en caso de verse sometido al terremoto de diseño que determina la normativa sísmica y que se fundamenta en las funciones de daño proporcionadas por las curvas de capacidad y fragilidad desarrolladas en la metodología FEMA-fundada HAZUS99. La puntuación estructural básica prefijada para cada tipología, varía en función de la peligrosidad sísmica del emplazamiento, desde un valor más bajo para las zonas de alta sismicidad a un valor más alto para las zonas de baja sismicidad. Estas puntuaciones estructurales básicas no son valores fijos y se han modificado en la segunda edición de FEMA 154 en relación con los que se detallaban en la 1ª edición del año 1988, como consecuencia del avance en el conocimiento del fenómeno sísmico y en el de la respuesta de las estructuras, así como en la observación de los daños producidos.

### 2.3 PUNTUACIÓN SISMORRESISTENTE FINAL

La puntuación sismorresistente final,  $S$ , se obtiene sumando a la puntuación estructural básica los valores asignados a los parámetros modificadores de la misma en función de

su altura, de sus deficiencias de diseño, de su época de construcción y de la calidad de su suelo de cimentación.

En cuanto a la altura, se consideran de media altura los edificios entre 4 y 7 plantas y de gran altura los superiores a 7 plantas. Se concede una gran importancia, como consecuencia de la experiencia adquirida, a las irregularidades verticales en el diseño del edificio, y se consideran menos graves, aunque también, las irregularidades en planta por los posibles fenómenos de torsión. Finalmente, se considera la relevancia de que los edificios hayan sido construidos antes de la promulgación de los códigos sismorresistentes o, por el contrario, de que lo hayan sido después de la entrada en vigor de aquéllos que ya recogían la experiencia aprendida de los terremotos catastróficos.

En consideración a la importancia que en la respuesta del edificio tienen los parámetros dinámicos y resistentes del suelo, se aplica un modificador a la puntuación estructural básica en función de su calidad sismorresistente.

Finalmente, debe decidirse por las autoridades correspondientes cuál debe ser el valor aceptable para la puntuación sismorresistente final, decisión, por otra parte, nada fácil, ya que involucra el costo de la seguridad frente a los terremotos en relación con el beneficio derivado de la misma. En definitiva, una mayor puntuación final supone una menor probabilidad de colapso del edificio.

FEMA 154 recomienda como aceptable para la puntuación estructural final dentro del contexto del procedimiento RVS, un valor de **2** para diferenciar los edificios considerados sísmicamente aceptables, frente a aquéllos otros potencialmente inadecuados y que, por lo tanto, requerirían una revisión detallada, o exhaustiva si la importancia del edificio lo requiriera. Un valor  $> 2$  supondría una mayor preocupación por la seguridad, pero implicaría un mayor costo para la comunidad y un valor  $< 2$  equivaldría a incrementar peligrosamente el riesgo sísmico de la comunidad.

## 2.4 LA NUEVA 3ª EDICIÓN DE FEMA 154

Prácticamente terminada esta ponencia, hemos tenido conocimiento de la 3ª edición del manual de FEMA, publicada en enero de 2015 con el mismo nombre y la referencia FEMA P-154 [7], que actualiza y pone al día la 2ª edición de marzo de 2002. Aunque no hemos podido analizarla en detalle, se actualizan –como ocurrió con la 2ª edición en relación a la 1ª– los valores de las puntuaciones estructurales básicas y de los parámetros modificadores, recogiendo la experiencia y el avance en el conocimiento conseguidos en el período de tiempo transcurrido entre las dos ediciones, aunque se acepta, específicamente, la validez de los trabajos iniciados en base a la 2ª edición que nos ocupa.

Además de actualizar las puntuaciones estructurales básicas y dada su trascendental importancia, se evalúan con mayor detalle las irregularidades verticales y horizontales de diseño. Se adjunta también un nuevo formulario con un nivel 2 opcional, que complementa y amplía el del nivel 1, el cual se recomienda sea desarrollado por ingenieros, arquitectos o técnicos graduados con experiencia y conocimientos demostrados en diseño sísmico. El trabajo de investigación que supondría trasladar los nuevos valores aportados por FEMA P-154 a las tipologías constructivas y edificatorias más usuales en España, supondría una magnífica y prestigiosa tarea para los Arquitectos Técnicos y sus instituciones profesionales.

### 3. RESULTADOS

Se ha escogido, para los ejemplos que siguen, el formulario correspondiente a una sismicidad moderada, que según FEMA 154 es la que se corresponde con los sismos de periodos cortos de 0,2 segundos y aceleraciones espectrales comprendidas entre 0,16g y 0,50g, comparables a las aceleraciones espectrales asignadas en los nuevos mapas de peligrosidad sísmica editados por el Instituto Geográfico Nacional, para el mismo periodo de 0,2 segundos y un periodo de recurrencia de 475 años a gran parte del Sur y Sureste de la Península Ibérica.

Los dos ejemplos elegidos se refieren: uno a una estructura porticada de hormigón armado con nudos supuestamente resistentes a momento y sin la colaboración resistente de las fábricas de cerramiento o de separación entre viviendas insertadas entre los pórticos, y el otro a un edificio de mampostería con muros de carga de fábrica de ladrillo. Estas tipologías se han modificado de forma sumamente importante desde su implantación hasta los tiempos actuales, flexibilizando en exceso las primeras con muchos mayores desplazamientos de los nudos como consecuencia de la construcción de los forjados planos, y dotando de mayor resistencia y ductilidad a las segundas al armarlas y construirlas con forjados rígidos empotrados en zunchos de hormigón armado dispuestos sobre las fábricas resistentes.

Antes de proceder a asignar las puntuaciones básicas y las de los modificadores, convendría meditar sobre las siguientes consideraciones:

- La puntuación estructural básica adjudicada en principio a las estructuras de mampostería, aún sin reforzar, es superior a la asignada a las estructuras porticadas de hormigón.
- Las estructuras porticadas de hormigón se bonifican cuando son de mediana altura, pero las de mampostería sin reforzar se penalizan cuando su altura es de cuatro plantas o superior.
- Las irregularidades verticales, que se han demostrado tan peligrosas sísmicamente, sufren una importante penalización en todas las tipologías, mayor, no obstante, en las estructuras porticadas frente a las de mampostería.
- Las irregularidades en planta se penalizan, en principio, de forma similar en todas las tipologías, por los efectos torsionales que pudieran producirse.
- Se penaliza la puntuación básica de aquellos edificios construidos antes de que se publicaran los códigos sismorresistentes, especialmente los realizados con estructuras de hormigón, que se bonifican, cuando han sido construidos después de la entrada en vigor de los códigos.

Desgraciadamente, no contamos con espacio suficiente para expilcar en detalle el por qué de las anteriores consideraciones, aunque todas son, conceptualmente, fácilmente inteligibles. Baste asumir que son criterios y valores adoptados por una de las normativas sísmicas más avanzadas del mundo, de un país sometido a una grave peligrosidad sísmica y con una amplia y dramática memoria histórica.

Detallamos en las figuras 1 y 2 un ejemplo de cada una de las tipologías elegidas, y a continuación sus puntuaciones estructurales básicas según FEMA 154 y el detalle de su puntuación final, Figura 3.





Figura 1. Estructura reticulada plana de h/a.  
Fuengirola (Málaga) Puntuación final: 0,9.



Figura 2. Edificio con muros de carga de ladrillo.  
Fuengirola (Málaga) Puntuación final: 2,2.

Estructura de hormigón: C1  
Puntuación Básica: 3,0

Pórticos resistentes a momentos.

**Puntuación final:**  $3,0+0,2-2,0-0,5+1,2-1 = 0,9$   
**(NO ACCEPTABLE)**

Edificio mampostería: URM  
Puntuación Básica: 3,4

Muros de carga y forjados rígidos

**Puntuación final:**  $3,4-0,4-0,4-0,4 = 2,20$   
**(ACCEPTABLE)**

El edificio con estructura de h/a de la Fig. 1 tiene una planta baja blanda y un diseño horizontal en U. que suponen graves irregularidades que hacen necesario su estudio en profundidad y posible refuerzo.

El edificio con fábrica de ladrillo tiene una configuración en planta y alzado sumamente regular.



**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
FEMA-154 Data Collection Form

**MODERATE Seismicity**

										Address: _____ Zip: _____ Other Identifiers: _____ No. Stories: _____ Year Built: _____ Screener: _____ Date: _____ Total Floor Area (sq. ft.): _____ Building Name: _____ Use: _____									
										<p style="font-weight: bold; margin-top: 10px;">PHOTOGRAPH</p>									
Scale: _____																			
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S																			
OCCUPANCY		SOIL		TYPE		FALLING HAZARDS													
Assembly Commercial Emer. Services	Govt Historic Industrial	Office Residential School	Number of Persons 0 – 10    11 – 100 101-1000    1000+		A Hard Rock	B Avg. Rock	C Dense Soil	D Stiff Soil	E Soft Soil	F Poor Soil	<input type="checkbox"/> Unreinforced Chimneys	<input type="checkbox"/> Parapets	<input type="checkbox"/> Cladding	<input type="checkbox"/> Other:					
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM				
Basic Score	5.2	4.8	3.6	3.6	3.8	3.6	3.6	3.0	3.6	3.2	3.2	3.2	3.6	3.4	3.4				
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.4	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.2	+0.4	+0.2	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	-0.4				
High Rise (>7 stories)	N/A	N/A	+1.4	+1.4	N/A	+1.4	+0.8	+0.5	+0.8	+0.4	N/A	+0.6	N/A	+0.6	N/A				
Vertical Irregularity	-3.5	-3.0	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5				
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
Pre-Code	0.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-1.0	-0.4	-1.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4				
Post-Benchmark	+1.6	+1.6	+1.4	+1.4	N/A	+1.2	N/A	+1.2	+1.6	N/A	+1.8	N/A	2.0	+1.8	N/A				
Soil Type C	-0.2	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.4				
Soil Type D	-0.6	-1.2	-1.0	-1.2	-1.0	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-1.0	-1.0	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8				
Soil Type E	-1.2	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6				
FINAL SCORE S																			
COMMENTS														Detailed Evaluation Required  YES NO					

\* = Estimated, subjective, or unreliable data    BR = Braced frame    MRF = Moment-resisting frame    SW = Shear wall  
 DNK = Do Not Know    FD = Flexible diaphragm    RC = Reinforced concrete    TU = Tilt up  
 LM = Light metal    RD = Rigid diaphragm    URM INF = Unreinforced masonry infill

FIGURA 3. FEMA 154 – Formulario de evaluación en zonas de sismicidad moderada  
Fuente: Federal Emergency Management Agency (EEUU) – 2002, [3].

#### 4. CONCLUSIONES

Nuestras conclusiones, fundamentadas en una dilatada experiencia profesional y en muchos años de estudio del Riesgo Sísmico, son sumamente pesimistas. La sociedad española se ha olvidado de esa espada de Damocles de la que hablábamos al principio y, sin duda, la Naturaleza nos hará pagar con un alto precio nuestra indiferencia y desdén hacia el fenómeno sísmico. Cabría preguntarse, entonces, por las causas de ese desdén para, en la medida de lo posible, intentar disminuirlo o, al menos, paliarlo y transformarlo en interés positivo.

Sólo la ignorancia puede justificar tan irresponsable desdén, ignorancia que, a excepción de las instituciones científicas o profesionales específicas y a la protección civil, alcanza a toda la sociedad española. Sólo desde un conocimiento responsable del problema podrá la sociedad acometer las tareas de prevención y reducción del Riesgo Sísmico, tareas en las que la Arquitectura Técnica, si nos esforzamos en ello, puede alcanzar un notable protagonismo.

El método propuesto, sencillo pero sumamente útil para iniciar programas de mitigación del riesgo sísmico, ya ha sido implantado con gran eficacia y utilidad en los países más desarrollados del mundo, que son pioneros además en la prevención del Riesgo Sísmico. Los formularios podrían ser adaptados a la nomenclatura española y los valores de las puntuaciones estructurales básicas y de los modificadores de las mismas revisados para adecuarlos a las tipologías de nuestros edificios y a las características de su diseño y construcción. Especial atención e investigación por su mal comportamiento sismorresistente, debiera dedicarse a las tan difundidas estructuras reticulares planas, y por sus grandes posibilidades, al contrario, a las modernas estructuras de mayor rigidez realizadas con pantallas de hormigón armado o con fábricas armadas.

La Arquitectura Técnica, conocedora ya del problema y siguiendo el consejo de la catedrática de Ética, D<sup>a</sup>. Adela Cortina, de que: “con la ignorancia no se hace buen camino”, debiera asumir la responsabilidad moral de avanzar en el camino del conocimiento del fenómeno sísmico y en la prevención de sus posibles trágicas consecuencias.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, (2003), *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*, Madrid, Ministerio de Fomento.
- [2] Martínez Solares, J.M., Benito Oterino, M.B., at all., IGN Y UPM (2013), *Actualización de Mapas de Peligrosidad Sísmica de España-2012*. Madrid, Centro Nacional de Información Geográfica, IGN.
- {3} ATC, 1988a, *Rapid Visual Screening of buildings for Potencial Seismic Hazards: A Handbook*, preparada por el Applied Technology Council, FEMA 154 (2nd ed. 2002).
- [4] NIBS, 1999, *Earthquake Loss Estimation Methodology HAZUS, Technical Manual*, Vol. 1, realizado por el National Institute of Buildings Sciences para la FEMA, Washington, D.C.
- {5} ATC, 1988a, *Rapid Visual Screening of buildings for Potencial Seismic Hazards: A Handbook*, preparada por el Applied Technology Council, FEMA P-154 (3rd ed. 2015).